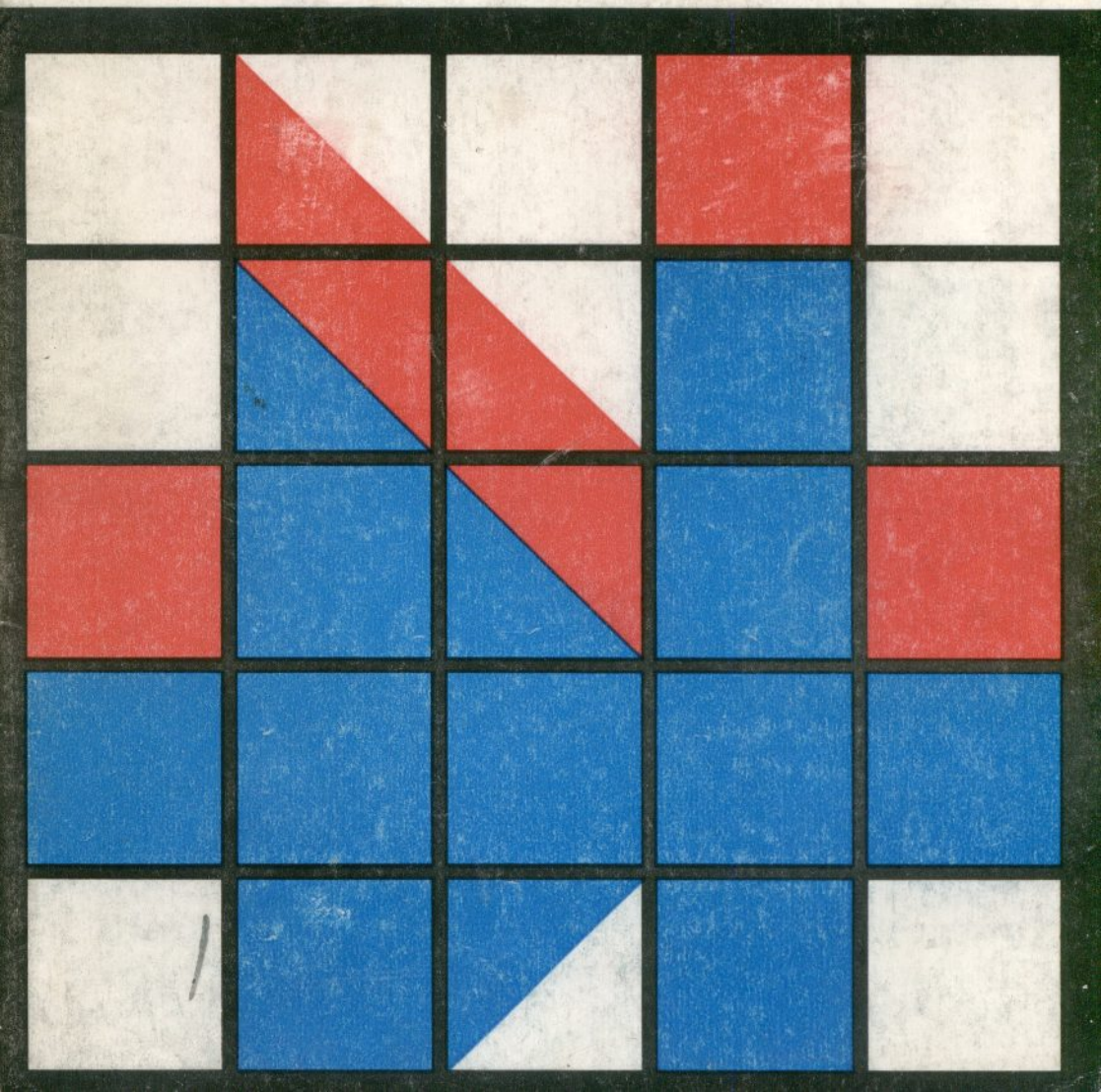
RFT

Selengleichrichter

Allgemeine Erläuterungen



Selengleichrichter

Allgemeine Erläuterungen

VEB GLEICHRICHTERWERK GROSSRÄSCHEN

im VEB Kombinat Mikroelektronik

Information 45–81

Herausgeber: GWG Werbung

Redaktion: Joachim Büttner

Umschlag: Peter Boye

Redaktionsschluß: 30. Juni 1981

V-14-6 2 8861 Ag 05-063-81

Änderungen der allgemeinen und technischen Angaben, die durch die Weiterentwicklung bedingt sind, bleiben vorbehalten.

1. Einleitung

Im VEB Gleichrichterwerk Großräschen werden seit 1943 Selengleichrichter, die zu den polykristallinen Halbleitergleichrichtern gehören, produziert.

Auf Grund von regelmäßigen Entwicklungsarbeiten und einer ständigen Anpassung an die Forderungen der Kunden und die technischen Erfordernisse der Geräte und Anlagen ist der Selengleichrichter trotz seiner über 35 Jahre unveränderten Grundkonzeption noch immer ein niveauvolles Bauelement geblieben. Obwohl die Einkristallhalbleitergleichrichter in den letzten Jahren eine sprunghafte Entwicklung aus technischer und ökonomischer Sicht genommen haben, hat sich der Selengleichrichter, bedingt durch einige spezifische Eigenschaften, ein breites Anwendungsfeld in der gesamten Technik bewahrt. Seine Einsatzmöglichkeiten verteilen sich über einen ausgedehnten Spannungs- und Leistungsbereich, wobei ihm vor allem auf dem Gebiet von Spannungen unter 100 V und bei großen Spannungen in Verbindung mit Strömen von einigen mA der Vorzug gegenüber den monokristallinen Halbleitern gegeben wird. Hinzu kommen Anwendungsfälle beim Einsatz als nichtlinearer Widerstand, die sich in bestimmten Strom-Spannungs-Bereichen nur über Selenbauelemente wirtschaftlich realisieren lassen. Durch die verschiedenen Plattengrößen und variable Formgestaltung ist es möglich, die Bauelemente den Einsatzbedingungen und Kundenwünschen weitgehend anzupassen.

Spezielle Vorzüge des Selengleichrichters sind:

— Gutes Sperr-Durchlaß-Verhalten
— Einfacher Aufbau
— Kleines Einbauvolumen und Gewicht
— Gute Anpassungsfähigkeit an die elektrischen und konstruktiven Erfordernisse und damit Einsparung beim Anwender an Material und Arbeitszeit
— Weitgehende Unempfindlichkeit gegen kurzzeitige Überlastung
— Guter Wirkungsgrad
— Sofortige Betriebsbereitschaft
— Keinerlei Wartung
— Große mechanische Festigkeit
— Lange Lebensdauer
— Mehrfachschaltungen in einer Säule bzw. in einem Gehäuse
— Parallel- und Reihenschaltung von mehreren Selengleichrichtern ohne besondere Elementeauswahl
— Preisgünstig

Selengleichrichter haben sich vor allem in folgenden Anwendungsgebieten bewährt:

— Stromversorgung von Fernmeldegeräten und -anlagen, meßtechnischen und medizinischen Apparaturen
— Netzgleichrichter für elektrische Erzeugnisse der Spielwarenindustrie und für Erzeugnisse der industriellen und Konsumgüterelektronik
— Automatische Regel- und Steuerungseinrichtungen
— Galvanotechnik
— Elektrische Lichtbogenschweißung
— Speisung von Bogenlampen
— Ladung und Pufferung von Batterien aller Art
— Bremsung von Elektromaschinen
— Verwendung als Sperrventil
— Einsatz als nichtlinearer Widerstand

Zum Produktionssortiment unseres Betriebes gehören:

— Selenfreiflächengleichrichter über einen großen Leistungsbereich
— Selengegenzellen
— VPS-Gleichrichter (Gleichrichter mit spannungsbegrenzender Eigenschaft)
— Selenüberspannungsbegrenzer in Freiflächenbauart für beliebige Anwendungsfälle und im Gehäuse für Fernsprechapparate
— Selenklammergleichrichter
— Selenblockgleichrichter im Metallgehäuse
— Selenblockgleichrichter im Plastgehäuse
— Selenkleinstgleichrichter
— Selenstabilisatoren
— Selenschaltdioden
— Selenstabgleichrichter im HP-Rohr
— Selenhochspannungsgleichrichter im Keramikrohr
— Selenhochspannungsgleichrichter im Kunststoffrahmen

Der vorliegende Katalog soll über grundlegende Fragen der Gleichrichterschaltungen und -dimensionierungen sowie über gemeinsame Eigenschaften aller Selengleichrichterarten und allgemeine technische Daten informieren. Zu technischen Details sind die speziellen Kataloge

„Selenfreiflächengleichrichter",
„Selenkleingleichrichter" und
„Selenüberspannungsbegrenzer"

sowie die einschlägigen TGL heranzuziehen. Außerdem steht Ihnen zu technischen Beratungen unser Fachpersonal gern zur Verfügung.

2.1. Begriffe

Aktive Fläche
Die aktive Fläche der Gleichrichterplatte ist die Kontaktfläche von Deckelektrode und Selen.

Anschlußspannung
Die Anschlußspannung ist der Effektivwert der Wechselspannung, die zwischen zwei wechselstromseitigen Anschlüssen des Gleichrichters anliegt.

Belastung mit Gegenspannung (kapazitive Belastung, Kondensatorbelastung)
Belastung mit Gegenspannung, kapazitive Belastung bzw. Kondensatorbelastung ist die Belastung mit einer Batterie, einer Gleichstrommaschine oder einem Kondensator.

Belastung, gemischt
Belastung mit einem Verbraucher mit Gegenspannung, dem eine Induktivität oder ein ohmscher Widerstand vor- oder parallelgeschaltet ist.

Belastungsstrom
Der Belastungsstrom ist der Strom, der sich infolge Belastung mit einem Verbraucher einstellt.

Durchlaßkennlinie
Die Durchlaßkennlinie ist die Funktion (gewöhnlich graphisch dargestellt), die die Abhängigkeit des Durchlaßstromes von der Durchlaßspannung angibt.

Durchlaßrichtung
Die Durchlaßrichtung ist die Richtung, in der die Gleichrichterplatte die höhere elektrische Leitfähigkeit hat.

Durchlaßspannung
Sie ist die Spannung am Selengleichrichter, die durch den Durchlaßstrom verursacht wird.

Durchlaßstrom
Der Durchlaßstrom ist der Strom, der in Durchlaßrichtung oder im Durchlaßzustand durch den Selengleichrichter fließt.

Durchlaßstrom, spezifischer
Der spezifische Durchlaßstrom ist der auf die aktive Fläche der Gleichrichterplatte bezogene Durchlaßstrom.

Eigenkapazität
Die Eigenkapazität des Gleichrichters ist die im jeweiligen Arbeitspunkt auftretende Kapazität

Freiflächengleichrichter
Der Freiflächengleichrichter ist die Bauart von Gleichrichtern, bei der die Platten, isolierende und stromführende Teile auf einen oder mehrere Montagebolzen so aufgereiht sind, daß das Kühlmittel unmittelbar die Gleichrichterplatte beim Hindurchströmen berührt.

Gehäusetemperatur
Die Gehäusetemperatur ist die Temperatur an einer festgelegten Stelle des Gehäuses des Halbleiterbauelements.

Gleichrichterplatte
Die Gleichrichterplatte ist der Grundbaustein des Gleichrichters. Sie besteht aus der Trägerelektrode, den polykristallinen Halbleiterschichten und deren pn-Kontakt mit stromrichtungsabhängiger Leitfähigkeit sowie der Deckelektrode.

Gleichspannung
Die Gleichspannung ist der arithmetische Mittelwert der vom Gleichrichter abgegebenen Spannung.

Gleichsperrspannung
Die Gleichsperrspannung ist die in Sperrrichtung angelegte Gleichspannung.

Gleichstrom
Der Gleichstrom ist der arithmetische Mittelwert des vom Gleichrichter abgegebenen Stromes.

Kleingleichrichter
Ein Kleingleichrichter ist ein Selenbauelement, dessen Platten in einem Gehäuse untergebracht sind oder von einer Klammer zusammengehalten werden. Die Bezeichnung stellt gleichzeitig einen Sammelbegriff für alle Gleichrichter und Selenbauelemente dar, die nicht in Freiflächenbauart ausgeführt sind.

Lebensdauer
Die Lebensdauer ist die Zeit, in der der Gleichrichter den Anforderungen im Einsatzfall genügt.

Nennanschlußspannung
Die Nennanschlußspannung ist der Effektivwert sinusförmiger Anschlußspannung von 50 Hz, nach der der Gleichrichter benannt wird.

Nennbelastung, Nennbetrieb
Unter Nennbelastung oder Nennbetrieb versteht man die Beanspruchung der Gleichrichter mit Nennsperrspannung und Nenngleichstrom.

Nenngleichstrom
Der Nenngleichstrom ist der arithmetische Mittelwert des Durchlaßstromes, nach dem ein Gleichrichter in der entsprechenden Schaltung benannt ist.

Nennsperrspannung
Die Nennsperrspannung ist der Effektivwert sinusförmiger Wechselspannung von 50 Hz, nach der eine Gleichrichterplatte benannt ist.

Plattenabstand
Der Plattenabstand ist die lichte Weite zwischen den Gleichrichterplatten.

Plattengrenztemperatur
Sie ist die höchste dauernd zulässige Plattentemperatur.

Plattentemperatur
Die Plattentemperatur ist die Temperatur, die die Gleichrichterplatte an ihrer wärmsten Stelle hat.

Scheitelstrom
Spitzenwert des Durchlaßstromes

Schleusenspannung
Sie ist der Spannungswert, bei dem eine Gerade, die die Durchlaßkennlinie annähert, die Spannungsachse schneidet.

Sperrichtung
Die Sperrichtung ist die Richtung, in der die Gleichrichterplatte die niedrigere Leitfähigkeit hat.

Sperrkennlinie
Die Sperrkennlinie ist die Funktion (gewöhnlich graphisch dargestellt), die die Abhängigkeit des Sperrstromes von der Sperrspannung angibt.

Sperrschichtkapazität
Sie ist die differentielle Kapazität einer Sperrschicht, verursacht durch Änderung der Ladungen in dieser Sperrschicht bei differentieller Änderung der Spannung an der Sperrschicht.

Sperrspannung
Die Sperrspannung ist die Spannung am pn-Übergang oder am Gleichrichter, die einem bestimmten Sperrstrom zugeordnet ist.

Sperrstrom
Der Sperrstrom ist der infolge der anliegenden Sperrspannung in Sperrichtung fließende Strom.

Sperrwiderstand
Der Sperrwiderstand ist der Quotient aus Sperrspannung und Sperrstrom.

Spitzensperrspannung

Die Spitzensperrspannung ist der größte Augenblickswert der Sperrspannung einschließlich aller periodischen transienten und nichtperiodischen transienten Spannungen.

Temperaturkoeffizient

Der Temperaturkoeffizient des dynamischen oder statischen Spannungsabfalles in Durchlaßrichtung gibt die Änderung des Durchlaßspannungsabfalles pro Grad Celsius bei Nenngleichstrombelastung an.

Umgebungstemperatur

Sie ist bei merklicher Eigenerwärmung des Gleichrichters die Temperatur an einer festgelegten Stelle der Umgebung des Gleichrichters, bei unmerklicher Eigenerwärmung des Gleichrichters die Temperatur in unmittelbarer Umgebung des Gleichrichters.

Verlustwärme

Sie ist die im Gleichrichter infolge der Verlustleistung entstehende Wärme.

Widerstandsbelastung

Die Widerstandsbelastung ist die Belastung mit einem ohmschen, induktiven oder daraus zusammengesetzten Widerstand.

2.2. Kurzzeichen

a	Plattenabstand (lichte Weite + Plattendicke)
$\hat{i}$	nichtperiodischer Spitzenstrom
i_F	spezifischer Durchlaßstrom
I_G	Gleichstrom
I_{GN}	Nenngleichstrom
i_R	spezifischer Sperrstrom
m	Masse
n	Plattenanzahl
n_Z	Plattenanzahl im Zweig
U_A	Anschlußspannung
U_{AN}	Nennanschlußspannung
U_F	Durchlaßspannung
U_{FN}	Nenndurchlaßspannung, Nennanschlußspannung bei Selengegenzellen
U_{GN}	Nenngleichspannung
U_{GNS}	Nenngleichspannung der Säule
U_R	Sperrspannung
U_{RN}	Nennsperrspannung
U_{RS}	Spitzensperrspannung
z	Anzahl der Zweige
ϑ_a	Umgebungstemperatur
ϑ_c	Gehäusetemperatur
ϑ_K	Eintrittstemperatur des Kühlmittels

3. Aufbau

Der Grundbaustein für alle Selengleichrichter ist die Gleichrichterplatte (Abbildung 1), deren Wirkung so ist, daß dem Strom in Durchlaßrichtung ein kleiner und in Sperrichtung ein bedeutend größerer nichtlinearer Widerstand entgegengesetzt wird.

Die Gleichrichterplatte hat folgenden Aufbau:
Auf eine Trägerelektrode aus Aluminium wird zunächst unter Vakuum eine Zwischenschicht aufgedampft. Auf diese werden unter definierten Verhältnissen die Selenschichten aufgebracht. Den Abschluß bildet eine metallische Gegenelektrode. In Richtung von der Träger- zur Gegenelektrode fließt der Durchlaßstrom, in entgegengesetzter Richtung der Sperrstrom.

Je nach Anwendungsfall werden die Selenbauelemente montiert. Bei der Montage der Selenfreiflächengleichrichter, der VPS-Gleichrichter, der Selengegenzellen und der Selenüberspannungsbegrenzer werden die Platten je nach der gewünschten Stromstärke und Spannung mittels isolierter Montagebolzen aus Stahl zu Gleichrichtersäulen oder -sätzen über Reihen- und Parallelschaltungen zusammengebaut. Dabei wird zwischen den Platten auf den der jeweiligen Belastung entsprechenden und zur Kühlung erforderlichen Plattenabstand geachtet. In Abhängigkeit von der jeweiligen Schaltung werden Lötfahnen eingebaut. Bei Kleingleichrichtern werden Platten, abhängig vom Anwendungsgebiet, unterschiedlicher elektrischer Eigenschaften, Form und Größe ausgewählt und in den jeweiligen Gehäusen bzw. Klammern angeordnet. Dabei sind Gehäuse, Verschluß- und Anschlußart auf das Anwendungsgebiet optimal abgestimmt.

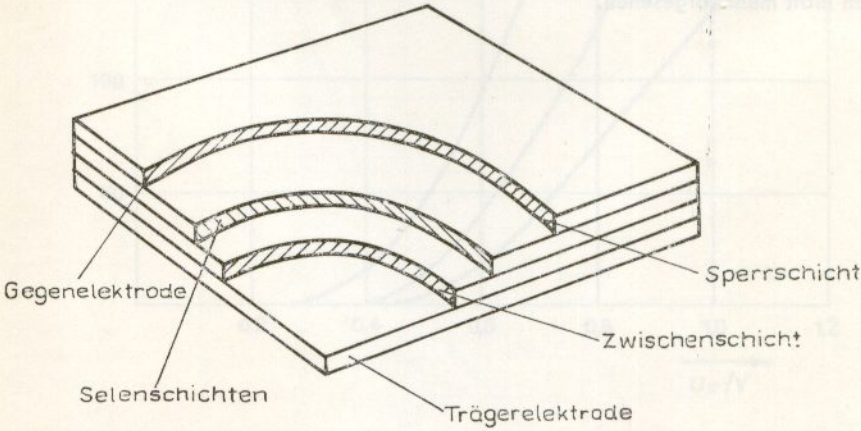


Abb. 1: Schematischer Aufbau der Selengleichrichterplatte

4. Kennwerte und Eigenschaften

Die Eigenschaften der einzelnen Selengleichrichterplatten bilden unter den für die jeweiligen Bauformen speziellen konstruktiven Bedingungen sowie den Einbau- und Kühlverhältnissen des Bauelementes die Grundlage für die Eigenschaften des kompletten Gleichrichters. Diese Eigenschaften seien im folgenden aufgeführt.

Durchlaßverhalten

Die Durchlaßeigenschaften bestimmen die Strombelastbarkeit eines Gleichrichters. In der Durchlaßrichtung hat also die Gleichrichterplatte die höhere Leitfähigkeit. Bei ihr nimmt oberhalb der Schleusenspannung der Strom in erster Näherung linear mit der Spannung zu. Bei Selenfreiflächengleichrichtern, die als normaler Gleichrichter zur Anwendung gelangen, unterscheiden wir drei generelle Leistungsreihen. Die W-Reihe hat im Mittel einen mittleren spezifischen Durchlaßstrom von 150 mA/cm² im Arbeitspunkt, die X-Reihe von 90 mA/cm² und die Y-Reihe von 60 mA/cm². Die Y-Reihe ist für die Anwendung in Neu- und Weiterentwicklungen nicht mehr vorgesehen.

Die für die Leistungsreihen typischen statischen Durchlaßkennlinien bei Raumtemperatur sind in der Abb. 2 dargestellt. Für Selenkleingleichrichter mußten in Abhängigkeit von dem Anwendungsfall spezielle Herstellungsverfahren entwickelt werden. Für typische Kleingleichrichter mußte ein Optimum von Durchlaß- und Sperreigenschaften gefunden werden, während bei Selenhochspannungsgleichrichtern im Keramikrohr die Durchlaßrichtung eine untergeordnete Rolle spielt. Die typischen statischen Durchlaßkennlinien für diese beiden Technologien bei Raumtemperatur sind aus Abb. 3 ersichtlich.

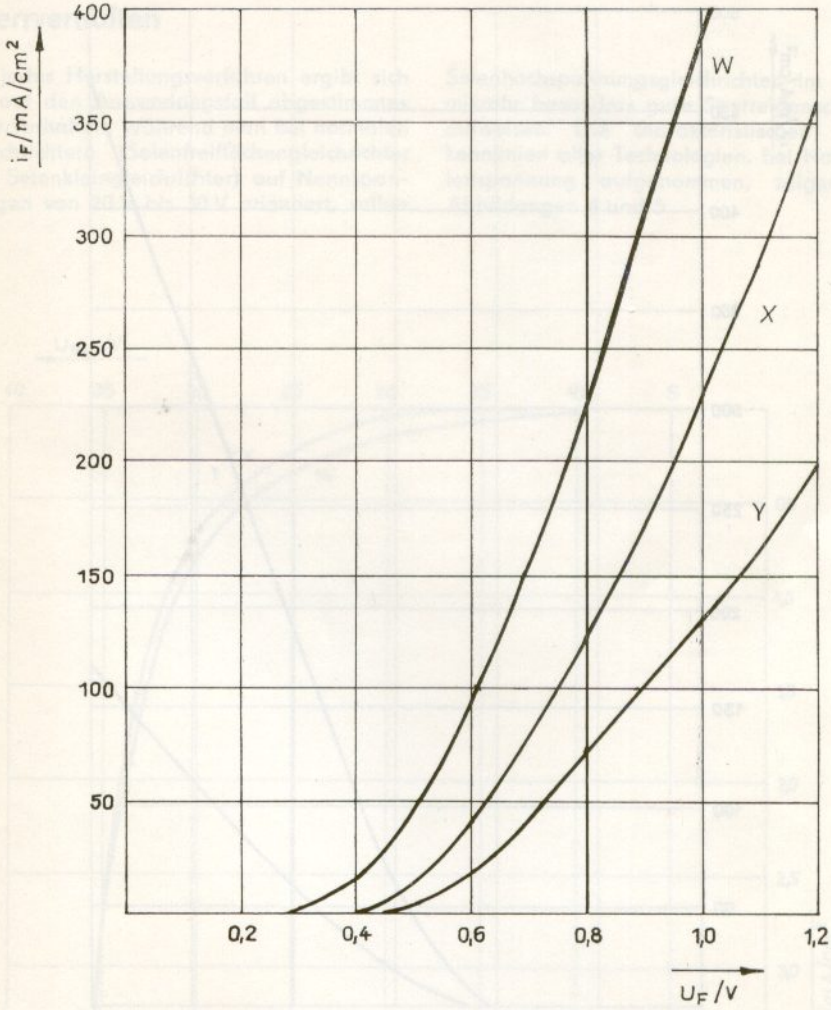


Abb. 2: Spezifische Durchlaßkennlinie für die W-, X- und Y-Reihe bei 25 °C

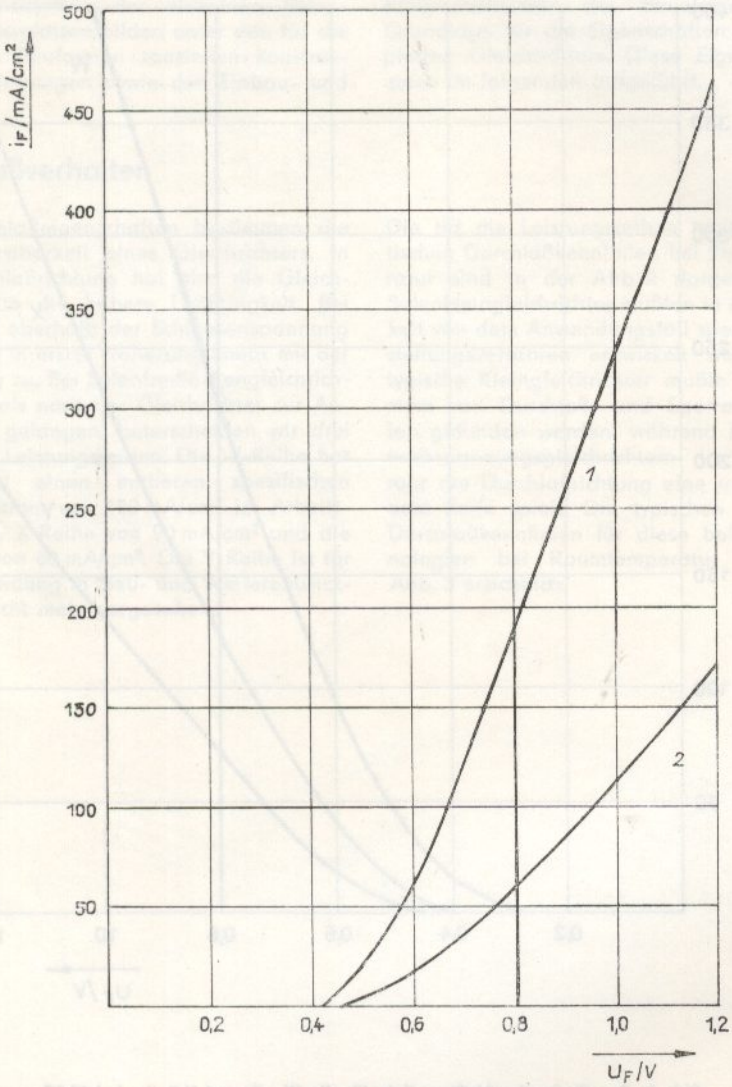


Abb. 3: Spezifische Durchlaßkennlinie für Selenkleingleichrichter (1) und Selenhochspannungsgleichrichter im Keramikrohr (2) bei 25 °C

Sperrverhalten

Für jedes Herstellungsverfahren ergibt sich ein auf den Anwendungsfall abgestimmtes Sperrverhalten. Während man bei normalen Gleichrichtern (Selenfreiflächengleichrichter und Selenkleingleichrichter) auf Nennspannungen von 20 V bis 30 V orientiert, sollen Selenhochspannungsgleichrichter im Keramikrohr besonders gute Sperreigenschaften aufweisen. Die charakteristischen Sperrkennlinien aller Technologien, bei Halbwellenspannung aufgenommen, zeigen die Abbildungen 4 und 5.

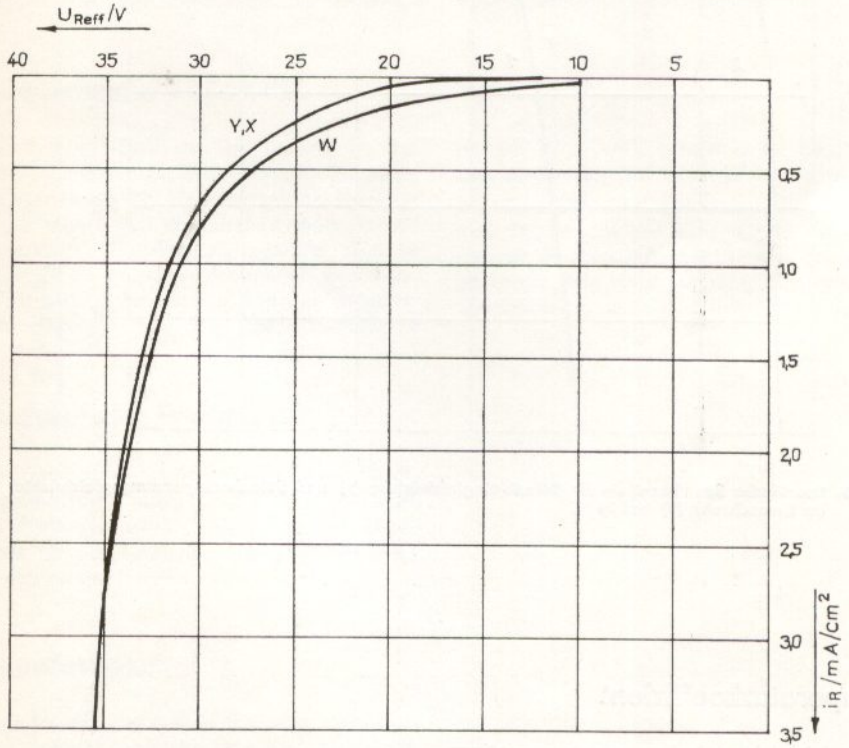


Abb. 4: Spezifische Sperrkennlinie für die W-, X- und Y-Reihe bei 25 °C

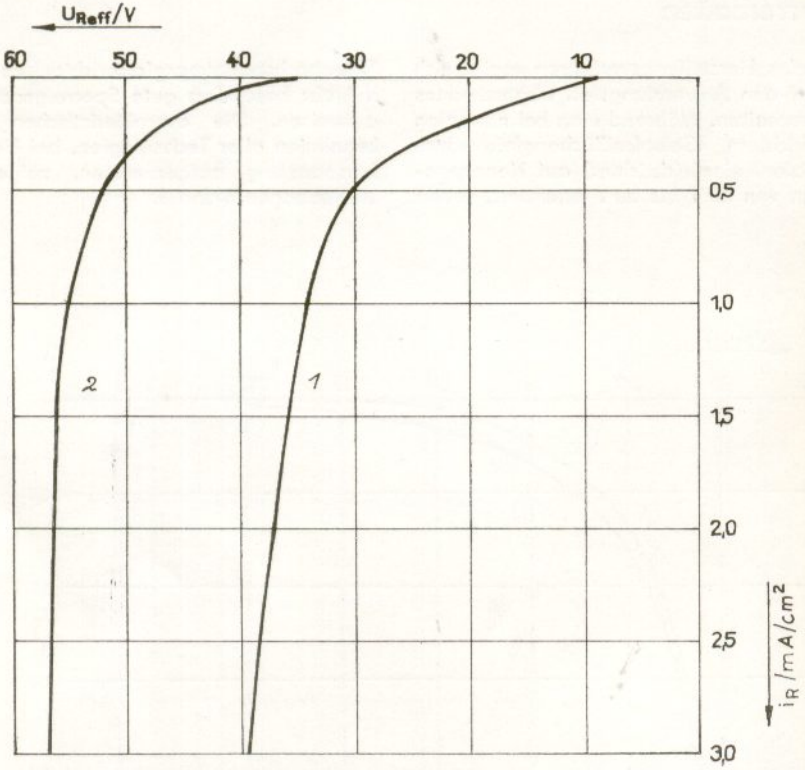


Abb. 5: Spezifische Sperrkennlinie für Selenkleingleichrichter (1) und Selenhochspannungsgleichrichter im Keramikrohr (2) bei 25 °C

Temperaturkoeffizient

Selengleichrichter haben einen negativen Temperaturkoeffizienten. Im Arbeitsbereich nimmt bei allen Technologien der Durchlaßspannungsabfall bei steigenden Temperaturen um ca. 0,3 bis 0,4 %/°C ab.

Temperaturverhalten

Die Nenndaten der Bauelemente sind für Selenfreiflächengleichrichter auf einen Bereich von – 40 °C bis + 35 °C und für Selenkleingleichrichter auf einen Bereich von – 40 °C bis + 40 °C ausgelegt. Mit diesen Daten ist im angegebenen Temperaturbereich, sofern die für den jeweiligen Gleichrichter als normal angegebenen Kühlbedingungen herrschen, eine Belastung möglich. Für vom Normalen abweichende Kühlbedingungen bzw. Dimensionierungskontrollen gelten folgende Plattengrenztemperaturen:

Selenfreiflächengleichrichter der W-Reihe	85 °C
Selenfreiflächengleichrichter der X- und Y-Reihe	75 °C
Selenkleingleichrichter	80 °C
Selenüberspannungsbegrenzer	85 °C

Frequenz und Kapazität

Der Selengleichrichter ist für die in der Stromversorgungstechnik üblichen Frequenzen von 15 bis 500 Hz verwendbar. Darüber hinaus macht sich die Sperrschichtkapazität bemerkbar. Die Anwendungsfälle sind in diesem Fall zwischen Anwender und Hersteller abzustimmen. Die Sperrschichtkapazität beträgt, wenn die Sperrspannung 0 ist, ca. 30 nF/cm², während sie bei Nennsperrspannung auf ca. 3 nF/cm² absinkt.

Bei Kenntnis der wirksamen Plattenfläche und der Anzahl der im Zweig in Reihe liegenden Platten läßt sich daraus die zu erwartende Kapazität eines Gleichrichtertyps abschätzen.

Mechanische Festigkeit

Die Selengleichrichter halten einer Stoßfolgebelastung nach TGL 200-0057/06 stand. Die Prüfklasse gemäß Blatt 4 obigen Standards für die einzelnen Typen ist Tabelle 1 zu entnehmen.

Klimafestigkeit

Selenfreiflächengleichrichter und unvergossene Selenkleingleichrichter sind vor schädlichen chemischen Einwirkungen, speziell vor aggressiven Gasen und Quecksilberdämpfen, geschützt zu lagern. Die Klimaprüfklasse als Lagerungsprüfung gemäß TGL 9200/02 ist aus Tabelle 2 ersichtlich.

Tabelle 1

Gleichrichtergruppe	Prüfklasse der Stoßfolgebelastung
Selenfreiflächengleichrichter einschließlich Selengegenzellen und VPS-Gleichrichter	Eb 6-12-1000
Selenblockgleichrichter im Metallgehäuse	Eb 6-25-8000
Selenblockgleichrichter im Plastgehäuse	Bis zu 3 Anschlußfahnen Eb 6-15-8000 Bei 5 Anschlußfahnen Eb 6-25-8000
Selenklammergleichrichter	Bei Chassismontage Eb 6-25-8000 bei freitragender Montage Eb 6-15-8000
Selenkleinstgleichrichter	Bis zu 3 Anschlußfahnen Eb 6-25-8000 bei mehr als 3 Anschlußfahnen Eb 6-40-8000
Selenstabgleichrichter im HP-Rohr	Eb 6-25-8000
Selenhochspannungsgleichrichter im Keramikrohr	Eb 6-25-8000
Selenhochspannungsgleichrichter im Kunststoffrahmen	Eb 6-15-8000
Selendioden	Eb 6-25-8000
Selenstabilisatoren	Eb 6-25-8000
Selenamplitudenbegrenzer	Eb 6-25-8000
Selenschaltdioden	Eb 6-40-8000

Tabelle 2

Gleichrichtergruppe	Klimaprüfklasse
Selenfreiflächengleichrichter einschließlich Selengegenzellen und VPS-Gleichrichter	
der X- und Y-Reihe	40/070/04
der W-Reihe	40/085/04
Selenblockgleichrichter im Metallgehäuse	40/070/04
Selenblockgleichrichter im Plastgehäuse	40/070/10
Selenklammergleichrichter	40/070/04
Selenkleinstgleichrichter	40/070/10
Selenstabgleichrichter im HP-Rohr	40/070/10
Selenhochspannungsgleichrichter im Keramikrohr	40/070/10
Selenhochspannungsgleichrichter im Kunststoffrahmen	40/070/04
Selendioden	40/070/10
Selenstabilisatoren	40/070/10
Selenamplitudenbegrenzer	40/070/10
Selenschaltdioden	40/070/10

5. Schaltungsarten

Zur Umformung von Wechselstrom in Gleichstrom kann der Selengleichrichter in verschiedenen Schaltungen angewandt werden. Jede einzelne Schaltung setzt sich aus einer bestimmten Zahl von Gleichrichtern zusammen, die sich wiederum aus einzelnen Gleichrichterplatten aufbauen. Im folgenden seien die Besonderheiten der wichtigsten Schaltungsgruppen genannt.

Einwegschaltung (E)

Die Einwegschaltung stellt die einfachste aller Schaltungen dar und ist in ihrer Anwendung auf die Fälle beschränkt, bei denen keine besonderen Ansprüche an die Welligkeit des gleichgerichteten Stromes gestellt werden. Diese Schaltung wird normalerweise nur für kleinere Ströme angewandt, so daß mit einem geringen Aufwand an Glättungseinrichtungen auszukommen ist. Der Transformator muß verhältnismäßig groß bemessen werden, da nur eine Halbwelle der Wechselspannung ausgenutzt wird. Der Effektivwert der höchsten Anschlußspannung ist bei Widerstandsbelastung gleich der Nennsperrspannung. Der arithmetische Mittelwert der Gleichspannung beträgt ca. 40 % der Anschlußspannung. Wird der Gleichrichter mit einer Gegenspannung oder Kapazität betrieben, so liegt an ihm die doppelte Sperrspannung an. Er muß in diesem Fall für die doppelte Anschlußspannung ausgelegt werden. Die abgegebene Gleichspannung hängt von der Größe der Gegenspannung oder des Kondensators ab. Die Belastung des Gleichrichters bei Gegenspannungsbetrieb darf 0,8 I_{GN} nicht überschreiten.

Bei Gehäusegleichrichtern, die generell für kapazitive Last ausgelegt sind, braucht das nicht mehr berücksichtigt zu werden. Bei ihnen sind Anschlußspannung und Nennspannung identisch. Bei reiner Widerstandsbelastung kann bei den Gehäusegleichrichtern demzufolge die Anschlußspannung gegenüber dem Betrieb bei Kondensatorbelastung verdoppelt werden. Außerdem darf der Belastungsstrom für diesen Fall den Nennstrom um 25 % übersteigen.

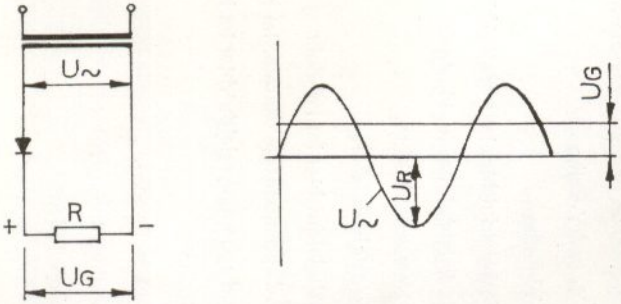


Abb. 6: Schaltbild und Spannungsverläufe der Einwegschaltung bei Widerstandsbelastung

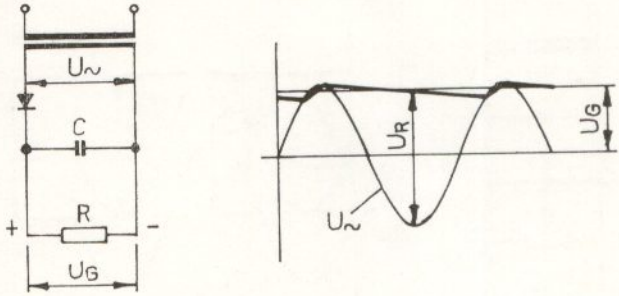


Abb. 7: Schaltbild und Spannungsverläufe der Einwegschaltung bei Kondensatorbelastung

Verdopplerschaltung (V)

Die Verdopplerschaltung wird angewendet, wenn man eine höhere Gleichspannung als die zur Verfügung stehende Anschlußspannung erreichen will. Es werden grundsätzlich zwei Kondensatoren benötigt, das heißt also, daß eine Widerstandsbelastung nicht möglich ist. Der arithmetische Mittelwert der abgegebenen Gleichspannung ist etwa doppelt so groß wie der Effektivwert der Anschlußspannung, ist aber auch von der Größe der verwendeten Kondensatoren abhängig.

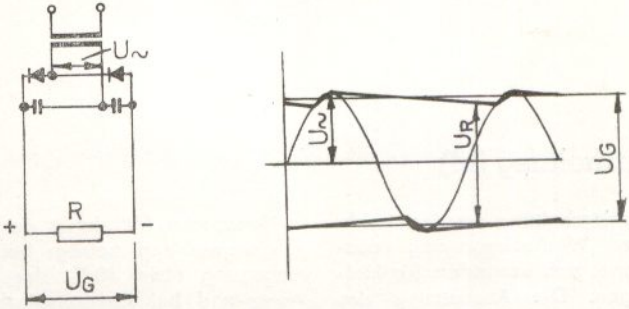


Abb. 8: Schaltbild und Spannungsverläufe der Verdopplerschaltung nach Delon

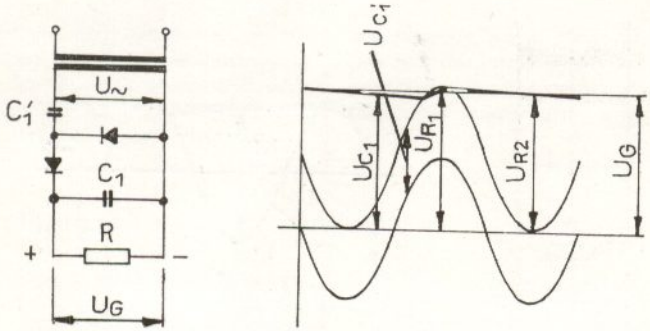


Abb. 9: Schaltbild und Spannungsverläufe der Verdopplerschaltung nach Villard

Mittelpunktschaltung (M)

In der Mittelpunktschaltung werden beide Halbwellen der Wechselspannung ausgenutzt. Sie eignet sich besonders für kleinere Spannungen. Die Ausnutzung des Transformators ist in dieser Schaltung besser als in der Einwegschaltung. Der Transformator muß einen mit dem vollen Gleichstrom belastbaren Mittelabgriff haben. Der arithmetische Mittelwert der abgegebenen Gleichspannung beträgt bei Widerstandsbelastung etwa 40 % der Anschlußspannung und bei Kondensatorbelastung, abhängig von der Größe der Gegenspannung oder der Kapazität, etwa 55 % der Anschlußspannung.

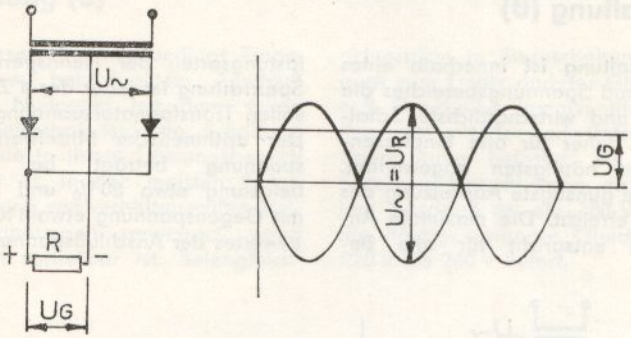


Abb. 10: Schaltbild und Spannungsverläufe der Mittelpunktschaltung bei Widerstandsbelastung

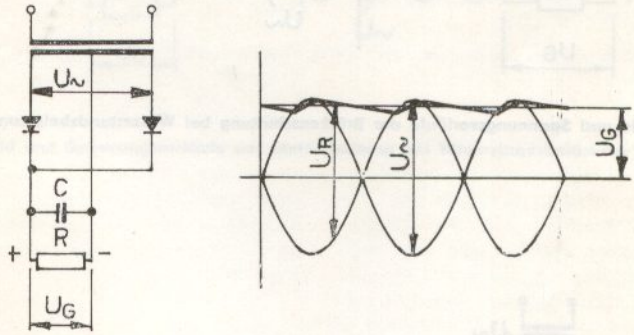


Abb. 11: Schaltbild und Spannungsverläufe der Mittelpunktschaltung bei Kondensatorbelastung

Brückenschaltung (B)

Die Brückenschaltung ist innerhalb eines weiten Strom- und Spannungsbereiches die zweckmäßigste und wirtschaftlichste Schaltung und wird daher für alle Einphasenschaltungen am häufigsten angewendet. Hierbei wird die günstigste Ausnutzung des Transformators erreicht. Die maximale Anschlußspannung entspricht für alle Belastungsarten der Nennsperrspannung. In Sperrichtung ist jeder der 4 Zweige mit der vollen Transformatorspannung beansprucht. Der arithmetische Mittelwert der Gleichspannung beträgt bei Widerstandsbelastung etwa 80 % und bei Belastung mit Gegenspannung etwa 110 % des Effektivwertes der Anschlußspannung.

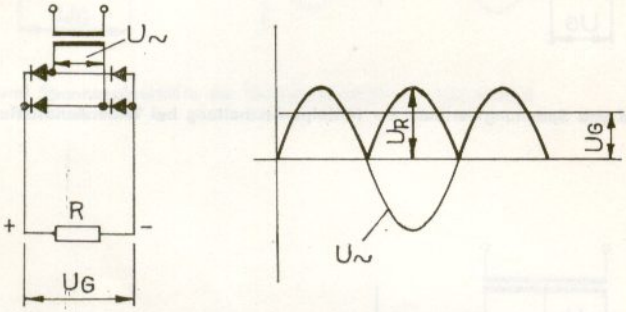


Abb. 12: Schaltbild und Spannungsverläufe der Brückenschaltung bei Widerstandsbelastung

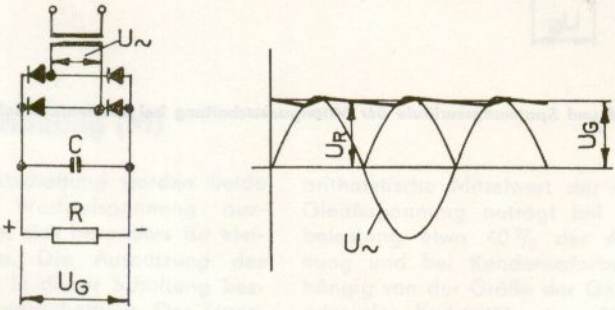


Abb. 13: Schaltbild und Spannungsverläufe der Brückenschaltung bei Kondensatorbelastung

Sternschaltung (S)

Diese Dreiphasenschaltung bedingt Transformatoren bzw. bei direktem Anschluß Netze, deren Nullpunkt mit dem vollen Gleichstrom belastbar ist. Die Schaltung wird, obwohl sie in ihrem Leistungsbereich nicht begrenzt ist, in den meisten Fällen nur zur Erzeugung von verhältnismäßig kleinen Gleichspannungen verwendet, wenn ihre Welligkeit vertretbar ist. Selengleichrichtersätze in Sternschaltung wendet man auch zum Ersatz anderer Gleichrichterarten, z. B. Quecksilberdampfventilen, an. – Jeder Zweig ist mit der verketteten Spannung in Sperrichtung belastet. Ein Vorteil dieser Schaltung besteht darin, daß sie bei direktem Anschluß an ein 380-V-Drehstromnetz die häufig verlangte Gleichspannung von 220 V bis 240 V liefert.

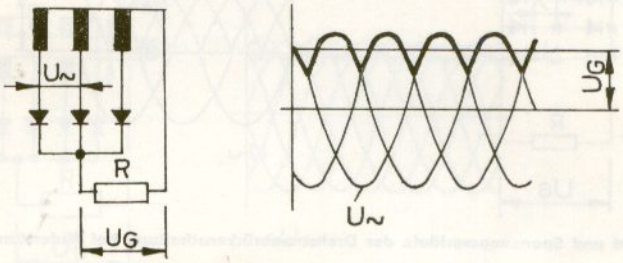


Abb. 14: Schaltbild und Spannungsverläufe der Sternschaltung bei Widerstandsbelastung

Drehstrombrückenschaltung (DB)

Die Drehstrombrückenschaltung ist die am häufigsten angewandte Schaltung für größere Leistungen, da der Transformator günstig ausgenutzt wird und der Nullpunkt entfallen kann. Die Anschlußspannung entspricht auch bei Gegenspannung der Nennsperrspannung. Ein direkter Netzanschluß ist möglich. Der arithmetische Mittelwert der Gleichspannung beträgt bei Widerstandsbelastung und Belastung mit Gegenspannung etwa 120 % des Effektivwertes der Anschlußspannung.

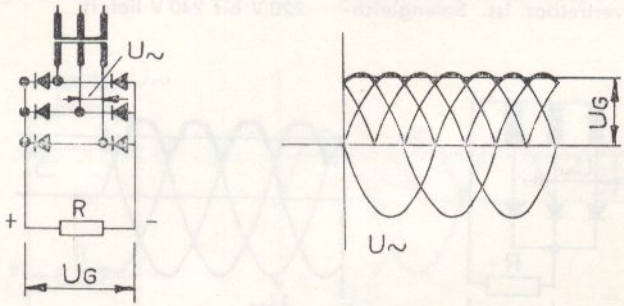


Abb. 15: Schaltbild und Spannungsverläufe der Drehstrombrückenschaltung bei Widerstandsbelastung

Doppelsternschaltung (DS)

Diese Schaltung wird zum Ersatz von anderen Gleichrichterarten und bei Gleichrichtern für niedrige Spannungen und mittlere bis hohe Ströme angewendet. Sie entspricht im Einphasenbetrieb der Mittelpunktschaltung. Die Ausnutzung des Transformators, der wieder einen voll belastbaren Sternpunkt haben muß, ist relativ schlecht.

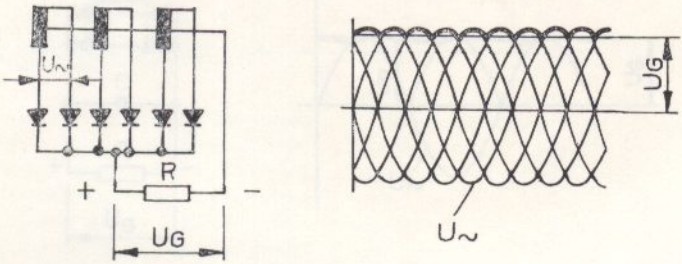


Abb. 16: Schaltbild und Spannungsverläufe der Doppelsternschaltung bei Widerstandsbelastung

Doppelsternschaltung mit Saugdrossel (DSS)

Sie besteht aus zwei um 180° versetzten Sternschaltungen, die über die Saugdrossel parallel arbeiten. Deshalb ist die Welligkeit der erzeugten Gleichspannung gering. Die Schaltung findet in der Praxis nur für kleine Spannungen und große Ströme Anwendung. Die Ausnutzung des Transformators ist günstiger als in der Doppelsternschaltung. Die Saugdrossel hat eine Typenleistung in einer Größe von ca. 10 % der Typenleistung des Transformators.

Da einige Schaltungen nur noch sehr selten angewendet werden, stellt unser Betrieb vorzugsweise Gleichrichter in E-, B- und DB-Schaltung her. Gleichrichter für die anderen Schaltungen sollten in der Regel aus Säulen in Einwegschaltung vom Kunden zusammengestellt werden.

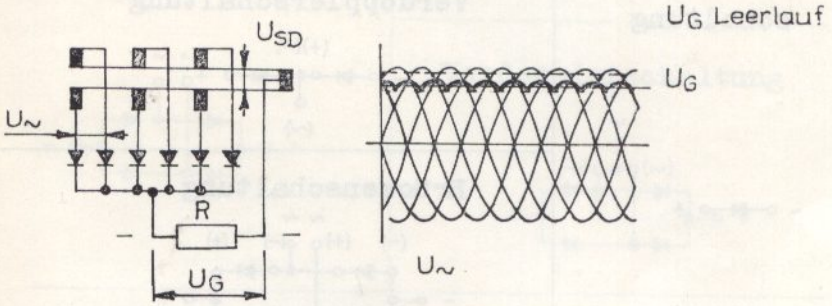
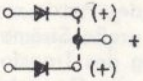
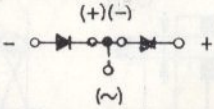
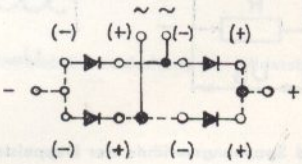
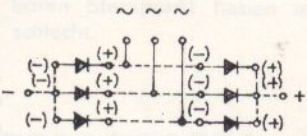
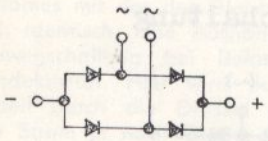
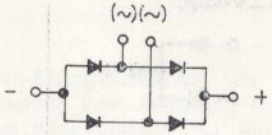
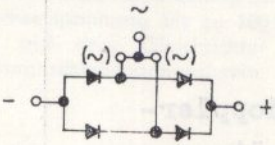
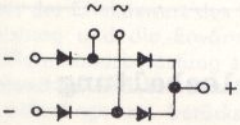
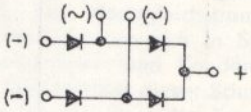
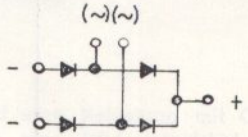


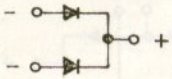
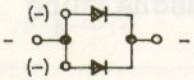
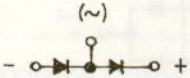
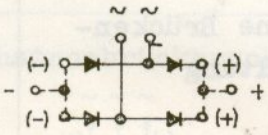
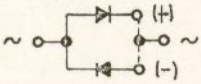
Abb. 17: Schaltbild und Spannungsverläufe der Doppelsternschaltung mit Saugdrossel bei Widerstandsbelastung

Aus den einzelnen Schaltungen kann man andere ableiten. Die wichtigsten sind auf den folgenden Seiten zusammengestellt.

Grundschaltung	Abgeleitete Schaltung
Einweg-schaltung 	**Mittelpunktschaltung**  **Verdopplerschaltung**  **Brückenschaltung**  **Drehstrombrückenschaltung** 

VEB GLEICHRICHTERWERK GROSSRÄSCHEN
im VEB Kombinat Mikroelektronik

Grundschaltung	Abgeleitete Schaltung
Brückenschaltung  	Einwegschaltung 
	Verdopplerschaltung 
Offene Brückenschaltung  	Mittelpunktschaltung 
	Mittelpunktschaltung 

Grundschaltung	Abgeleitete Schaltung
Mittelpunkt-schaltung 	Einwegschaltung 
Verdoppler-schaltung	Einwegschaltung 
	Brückenschaltung 
	Antiparallelschaltung 

VEB GLEICHRICHTERWERK GROSSRÄSCHEN
im VEB Kombinat Mikroelektronik

6. Belastungsarten

Bei der Auswahl eines Gleichrichters muß die Art der Gleichstromverbraucher berücksichtigt werden. Dies trifft insbesondere bei den Einphasenschaltungen zu. Die Höhe der Verluste der Gleichrichterplatten in der Durchlaßrichtung steht in Abhängigkeit zum Effektivwert des sie durchfließenden Stromes. Man unterscheidet die folgenden Belastungsarten:

Widerstandsbelastung

Wird der Gleichrichter mit einem ohmschen Widerstand, einer Induktivität oder einer Mischung aus beiden belastet, so bezeichnet man diesen Fall als Widerstandsbelastung. Hierbei ist die Kurvenform des Gleichstromes mit der der Gleichspannung praktisch identisch. Eine Ausnahme bildet die Einwegschaltung bei Belastung mit einer Induktivität. Hier wird der Gleichstromanteil durch die Drossel beeinflußt und der Strom je nach Größe der Induktivität über eine halbe Periode hinaus verschleppt.

Selen-Kleingleichrichter, die für kapazitive Belastung bzw. Belastung mit Gegenspannung dimensioniert sind, dürfen bei reiner Widerstandsbelastung mit einem um 25 % über dem auf dem Gleichrichter angegebenen Nennstrom betrieben werden. Außerdem darf bei ihnen in der Einwegschaltung und Widerstandsbelastung die anzulegende Wechselspannung bis zu 100 % größer als die auf dem Gleichrichter angegebene Nennanschlußspannung sein.

Belastung mit Gegenspannung

Diese Belastungsart liegt vor, wenn der Gleichrichter eine Batterie, eine Kapazität oder eine Gleichstrommaschine speist. Der Strom kann nur dann fließen, wenn die Gleichspannung größer als die Gegenspannung ist. Dadurch ergibt sich eine Verringerung des Stromflußwinkels, so daß bei gleichem mittlerem Strom der Scheitelwert und damit der Effektivwert des Stromes, die Verlustleistung und die Erwärmung größer als bei Widerstandsbelastung sind.
Diese Tatsachen sind bei den Einwegschaltungen unbedingt zu berücksichtigen. In ungünstigen Fällen, zum Beispiel bei vorwiegend kapazitiver Belastung, ist eine Reduzierung des Belastungsstromes auf ca. 80 % des Nenngleichstromes notwendig. Ebenso addieren sich in Sperrichtung die Transformator- und Kondensatorspannung. Die Gleichrichter dieser Schaltung sind deshalb für die doppelte Transformatorspannung zu bemessen.

Bei der Speisung von Gleichstrom-Motoren wirkt die EMK der Maschine als Gegenspannung.

Gemischte Belastung

Diese Belastungsart liegt vor, wenn zwischen Gleichrichter und Verbraucher mit Gegenspannung ein Widerstand oder eine Induktivität geschaltet wird. Von der Größe des Widerstandes hängt es ab, ob vorwiegend eine Belastung mit Gegenspannung oder eine Widerstandsbelastung vorliegt. Ist bei Einphasenschaltungen die Welligkeit der Gleichspannung $\leq 5\,\%$, so überwiegt Belastung mit Gegenspannung.

7. Dimensionierung

Die Auswahl bzw. Dimensionierung der Gleichrichter geht von den für die betreffende Schaltung erforderlichen elektrischen Größen wie Nennanschlußspannung, erforderliche abgegebene Gleichspannung und Belastungsstrom aus.

Während man sich bei Selenkleingleichrichtern mit den Werten der elektrischen Größen aus der Tabellenübersicht den entsprechenden Gleichrichter auswählt, kann man bei Selenfreiflächengleichrichtern nach dem im folgenden beschriebenen Schema einen Gleichrichter auslegen und in unserem Betrieb bestellen, sofern er zu den Standardtypen gemäß der im Katalog „Selenfreiflächengleichrichter" angegebenen Tabellen gehört.

Aus der vorliegenden Belastungsart sowie notwendiger Form (Welligkeit) und Größe des Belastungsstromes ermittelt man die Schaltungsart und die Plattengröße des Gleichrichters. Die erforderliche Anschlußspannung und die festgelegte Schaltungsart bilden die Grundlage für die endgültige Auslegung des Gleichrichters.

Die Zahl der in Reihe zu schaltenden Gleichrichterplatten errechnet sich aus der Anschlußspannung.

Bei Widerstandsbelastung ergibt sich die Plattenzahl aus der Beziehung

$$n = \frac{z \cdot U_A}{U_{RN}}$$

Die Plattenzahl der Einwegschaltung bei Gegenspannungsbelastung errechnet sich nach der Formel

$$n = \frac{2\,U_A}{U_{RN}}$$

Die ermittelte Plattenzahl je Zweig multipliziert mit der Nennsperrspannung je Platte ergibt die Nennanschlußspannung des Gleichrichters

$$U_{AN} = n \times U_{RN}$$

Die Nenngleichspannung der Säule errechnet sich nach der Formel

$$U_{GNS} = \frac{n \times U_{GN}}{z}$$

Schaltung	E/M			B			DB		
Nennsperrspannung je Platte U_{RN} /V	20	25	30	20	25	30	20	25	30
Nenngleichspannung je Platte U_{GN} /V	7,5	10	12	15	20	24	24	30	36

Tabelle 3:
Nenngleichspannung als Funktion von Nennsperrspannung und Schaltungsart

8. Einbau- und Lagerungshinweise

Für Selenfreiflächengleichrichter und Selenkleingleichrichter gelten auf Grund ihrer unterschiedlichen Gestaltung und ihrer verschiedenen Schutzarten auch unterschiedliche Richtlinien für den Einbau und die Lagerung.

Selenfreiflächengleichrichter dürfen nur mit senkrecht stehenden Platten, also waagerecht liegenden Montagebolzen, in die Geräte eingebaut werden. Bei Säulen mit rechteckigem Plattenformat muß die kürzere Plattenkante senkrecht stehen.

Bei dieser Einbauweise sind die Abkühlungsbedingungen am günstigsten. Beim Einbau der Gleichrichter in Geräte ist auf ungehinderte Luftzirkulation zu achten.

Die Lüftungsöffnungen müssen unterhalb und oberhalb der Gleichrichtersätze angeordnet sein. Der hauptsächliche Strömungswiderstand für die Luft muß im Gleichrichter liegen.

Die Gleichrichter sollten möglichst weit unten im Gerät angeordnet werden. Oberhalb der Gleichrichter angebrachte Wärmequellen bedingen eine Steigerung der Kaminwirkung und können die Kühlung intensivieren. Mehr als drei Gleichrichtersätze sollten nicht übereinander angeordnet werden.

Ausnahmen von dieser Einbaurichtlinie können dort gemacht werden, wo zum Beispiel durch eine starke Fremdkühlung bzw. beim Einbau unter Öl die genannten Faktoren unwesentlich werden und somit die Plattenanordnung keine nennenswerte Rolle mehr spielt. Grundsätzlich sind Selengleichrichter vor schädlichen chemischen Einwirkungen geschützt zu lagern.

Es muß darauf geachtet werden, daß in unmittelbarer Umgebung des Gleichrichters kein freies Quecksilber auftritt.

Letzteres trifft auch für Selenkleingleichrichter zu, die nicht dicht verschlossen oder vergossen sind, z. B. Selenblockgleichrichter im Metallgehäuse, Selenklammergleichrichter und Selenhochspannungsstabgleichrichter im Kunststoffrahmen.

Für Selenkleingleichrichter gelten folgende Einbauhinweise:

Die Anschlußdrähte oder -fahnen dürfen ab 3 mm vom Gehäuse entfernt gebogen werden. Dabei müssen die Anschlüsse zwischen dem Gehäuse und der Biegestelle mit einem geeigneten Werkzeug festgehalten werden, um den Gleichrichter vor Biege- und Zugbeanspruchung zu schützen.

Die Gleichrichter sind nur bei der für die Type vorgeschriebenen Montage mit den Nenndaten zu beanspruchen. Unter besonderen Bedingungen sind stets die in den speziellen Katalogen vorhandenen Abbildungen zu berücksichtigen.

Außerdem ist darauf zu achten, daß

— die Gleichrichter so angeordnet werden, daß möglichst viele Seiten frei sind

— keine wärmeabgebenden Bauelemente (Trafos, Röhren) in unmittelbarer Nähe der Gleichrichter montiert sind

— die am Gleichrichter vorbeiströmende Luft möglichst wenig erwärmt ist

— die Stapelung mehrerer Gleichrichter vermieden wird, da sonst eine Nennstromreduzierung um 25 % bis 50 % erforderlich ist.

Gleichrichter, die über ein halbes Jahr gelagert haben, sind bei Inbetriebnahme im Leerlauf nach 30 Sekunden bis 5 Minuten lang abzuschalten, dann 2 Minuten zu belasten und erneut 5 Minuten abzuschalten. Während dieses Vorganges ist darauf zu achten, daß die maximale Gehäuse- bzw. Plattentemperatur nicht überschritten wird. Danach kann normale Inbetriebnahme erfolgen.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	3
2. Begriffe, Kurzzeichen	5
3. Aufbau	9
4. Kennwerte und Eigenschaften	10
5. Schaltungsarten	18
6. Belastungsarten	29
7. Dimensionierung	30
8. Einbau- und Lagerungshinweise	31

VEB GLEICHRICHTERWERK GROSSRÄSCHEN
im VEB Kombinat Mikroelektronik

elektronik
export-import

Volkseigener Außenhandelsbetrieb
der Deutschen Demokratischen Republik

DDR - 1026 Berlin, Alexanderplatz 6

VEB GLEICHRICHTERWERK GROSSRÄSCHEN
im VEB Kombinat Mikroelektronik
DDR 7805 Großräschen, Karl-Liebknecht-Straße 1
Telefon: 60 01*
Telex: 178 849 gwg dd
Telegramme: gleichr. werk. grossr.